كتابك
١٤ م

دكتور مهندس محمد عبد الهادى

عيون تكشف المجهول

الاستشعار من البعد

دار المعارف

هـذا الكتاب

المؤلف . هو عالم مصرى يعمل أستاذاً بجامعة ولاية أوكلاهوما بالولايات المتحدة الأمريكية . . ومديراً للمركز المصرى للاستشعار من البعد بالقاهرة . .

أما موضوع الكتاب . . . .

فهو مدخل لارتياد المجهول وما وراء البصر فى النهار والظلام بعيون جديدة ترى ما لا تراه عين الإنسان . . وتستشعر العالم من البعد . .

١٠ جـ

٨٦٠٤٠٥٣ / ١

كتابك (١٤) م
رئيس التحرير: أنيس منصور

دكتور مهندس محمد عبد الهادى

عيون تكشف المجهول

الاستشعار من البعد

دار المعارف

الناشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة ج. م. ع.

عزيزى القارئ . .

أشكرك أصدق الشكر على إقبالك العظيم على سلسلة « كتابك » .

وقد رأت دار المعارف أن تسير بهذه السلسلة بفضل تشجيعك من تقدم إلى تقدم فلا تكتفى بتناول فروع المعرفة جميعا ، بل تلاحق أيضا الأحداث الثقافية والعلمية والاجتماعية والقومية الكبرى ، فتصدر أعداد خاصة تعالج هذه الأحداث .

ويسرنا اليوم أن نصدر العدد الأول من هذه الأعداد الخاصة رقم (١٤) م بمناسبة افتتاح مركز الاستشعار من البعد لأول مرة فى مصر ، وقد تفضل بكتابته الأستاذ الدكتور محمد عبد الهادى العالم المصرى الكبير ورئيس هذا المركز بعنوان « عيون تكشف المجهول » .

إبراهيم زكى خورشيد
المستشار الثقافى

مقدمة

إن الموضوع الذى سوف نتناوله معاً فى هذا الكتاب قد يبدو للقارئ غير المتخصص معقداً – ولكنه فى الواقع ثقافة علمية مبسطة ومثيرة إلى أقصى حد – وإمكانيات استخداماتها فى مصر والوطن العربى – ودول العالم عموماً – هائلة .

ولقد أصبح من الضرورى فى « عصر الثورة التكنولوجية » الذى نعيشه حاليًّا أن نهتم بالقضية الخطيرة لانضمام « الثقافتين » – أى الثقافة الإنسانية والثقافية العلمية – فلم يصبح الإنسان العصرى المثقف هو ذلك الإنسان الذى يعرف أجزاء من الأدب العربى أو مسرحيات شكسبير فحسب – بل أصبح من ضرورات هذا العصر أن يعرف الإنسان بعض الأسس والموضوعات العلمية العريضة التى تؤثر على حياته الحالية وسوف تنقله فى السنوات القليلة القادمة إلى عالم يختلف كثيراً عن عالم اليوم – وأصبح عالم هذا العصر يحتاج إلى التقاء الثقافتين .

إن تكوين الفرد فى مجتمعنا العربى الجديد لابد وأن يتم بإدراك الأبعاد الإنسانية والإجتماعية ، والأبعاد العلمية والتكنولوجية للعصر الذى يعيش فيه – وبغير هذا يظل حديثنا عن المجتمع العصرى ناقصاً .

والعالم الآن يعيش مرحلة تسمى « ما بعد الثورة الصناعية » وهى الثورة العلمية والتكنولوجية – والتكنولوجيا هى وضع الاكتشافات

العلمية موضع الاستفادة العلمية التى تنعكس على حياة المجتمع - ويجب أن يكون مفهوماً أن التكنولوجيا الحديثة - على مالها من سطوة كبرى على طريق التنمية الاقتصادية والاجتماعية وما تتطلبه من تخصصات علمية دقيقة - تتطلب إعداداً ذهنيًّا على مستوى القاعدة العريضة للجمهور العربى بشكل مبسط وبمفهوم عام يسمح بأن ينتقلْ المجتمع كله ليلحق بشكل أو بآخر بالعالم المسرع فى تقدمه من حولنا .

وإن الموضوع المثير الذى سوف نتناوله فى هذا الكتاب - عن تكنولوجيا الاستشعار من البعد » - والتى أتاحت عيوناً جديدة تنظر إلى الأشياء وتفحصها - سواء من مسافة قصيرة جدًّا قد لا تتعدى السنتيمترات أو مسافات شاسعة جدًّا تبلغ آلاف الكيلومترات .

وترى هذه العيون مالا يمكن لعين البشر أن تراه وتفوق قدراتها المذهلة كل تصور ، هذه التكنولوجيا الحديثة والتطوير العظيم الذى حدث فيها وما وصلت إليه فى السنوات القليلة الماضية - لا شك أنه كان نتيجة الإمكانات الهائلة التى تقدمها هذه الوسائل المتطورة فى المجالات العسكرية - وتسابق الدول الكبرى - التى تملك إمكانات مادية ضخمة - إلى الصرف بسخاء على تطوير أجهزتها وأساليبها فى الاستشعار من البعد - مستهدفة التفوق فى هذا المجال الحيوى الهام .

ولكن . . وكما هو الحال فى معظم الاختراعات والوسائل العلمية المتقدمة التى استحدثت أو طورت للاستخدامات فى مجال التدمير

والحروب . . . مثل الرادار والذرة . . . قام الإنسان بعد ذلك بإدراك الأبعاد الهائلة لإمكانات تطويع واستخدامات هذه التقنيات المتقدمة فى التطبيقات المدنية وفى سبيل الارتقاء بالمجتمع البشرى – فنفس الإنسان الذى صنع هذه الأسلحة المتقدمة أو المدمرة هو الذى أمكن له أن يسخر هذه الوسائل من أجل خير الإنسانية ورفاهيتها .

وهكذا كان الحال بالنسبة إلى علوم الاستشعار من البعد ووسائلها الحديثة – والتى تقدم العلم فيها تقدماً كبيراً – وإلى جانب الأجهزة الأرضية – حملت طائرات الاستطلاع هذه الأجهزة المتقدمة ثم انطلقت سفن الفضاء تحمل هذه المعدات إلى أبعاد مئات وآلاف الكيلومترات فى هذا الفضاء اللانهائى حولنا .

ولا شك أنه قد أصبح لهذه الوسائل الحديثة سواء باستخدام طائرات الاستطلاع المجهزة بالأجهزة الحديثة للاستشعار من البعد أو الأقمار الصناعية – تطبيقات هامة فى مجالات حيوية متعددة – ولعل معظم هذه التطبيقات تمس أساس حياتنا ومستقبلنا – ليس فى مصر فقط – بل فى الوطن العربى كله وفى القارة الأفريقية أيضاً .

ولعل أهمية تطبيقات تكنولوجيا الاستشعار من البعد فى مصر – والمنطقة العربية تتضح من أن المنطقة العربية عموماً هى منطقة جرداء أو شبه جرداء – وبها مساحات شاسعة من الأراضى والصحارى – وأحياناً مناطق مستنقعات وغابات مثل مناطق أعالى النيل

بالسودان – وكلها يصعب استكشافها وحصر موارد ثروتها الطبيعية ودراسة خواصها بالوسائل التقليدية – وهذا ضرورى لإمكان استغلال هذه المساحات فى مشروعات التوسع الزراعى والعمرانى ، بالإضافة إلى عامل الوقت والتكاليف الباهظة وعدم الدقة التى قد تنتج عن استخدام الطرق التقليدية فى مثل هذه الأحوال .

ولا شك أن حاجتنا الأساسية فى مصر – والعالم العربى عموماً – هو أن نتغلب على مشكلة الانفجار السكانى بالتوسع فى استغلال أراضينا الشاسعة – وعلى مشكلتنا الاقتصادية بحصر موارد ثرواتنا الطبيعية ومعرفة حدودها وإمكانات استغلالها وتكاملها بين الدول العربية المختلفة – ولعل عامل الزمن والنفقات لا يسمح بأن يتم ذلك باستخدام الوسائل التقليدية البطيئة والمكلفة وغير الدقيقة فى العصر الذى توفرت فيه هذه الوسائل الحديثة للاستشعار من البعد باستخدام الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع الحديثة – والتى أصبحت تحمل من « العيون » ما يمكنها من تجميع كمية هائلة من المعلومات عن كل مكان على سطح الكرة الأرضية ليتم فحصها واستخلاص كثير من المعلومات ذات الأهمية القصوى منها مدنيًّا وعسكريًّا ، وبهذا فلم يعد هناك كثير يستطيع الإنسان أن يخفيه ولا تستطيع هذه العيون الساهرة ليلاً ونهاراً أن تكتشفه وتحدده .

وما هذا إلا البداية ، فسوف نسمع فى خلال السنوات القليلة القادمة عن تقدم هائل فى هذا الميدان .

الاستشعار من البعد . . .
عيون ترى ما لا تراه العيون

لا شك أن القارئ قد يحتاج هنا قبل أن ندخل فى تفصيلات الموضوع إلى أن نقول له – ما هو الاستشعار من البعد ؟

فالاستشعار من البعد هو استخدام طرق متعددة – وعيون خاصة لها قدرات خارقة – للنظر وللدراسة لظواهر أو أهداف معينة من مسافات بعيدة دون الحاجة إلى الاقتراب أو التلامس مع هذه الظواهر أو الأهداف – وتحت ظروف لا يمكن للعين البشرية أن تصل إليها – سواء كان ذلك نهاراً أو فى الظلام الدامس .

ولقد هيأ الله سبحانه وتعالى لـلإنسان – ولكثير من الكائنات الحية – وسائل وأجهزة طبيعية غاية فى الإعجاز لـلاستشعار من البعد . فحاسة البصر وحاسة السمع وحاسة الشم فى الإنسان هى كلها وسائل متنوعة لـلاستشعار من البعد ودراسة مواقف معينة من مسافات بعيدة باستخدام أجهزة طبيعية تتلقى الموجات الضوئية أو الموجات الصوتية أو بانتقال جزيئات وذرات من مواد كيميائية من مصدرها إلى هذه الأجهزة الطبيعية لـلاستشعار .

ولهذه الأجهزة الطبيعية لـلاستشعار من البعد فى الإنسان – قدرات

معينة وإمكانات محدودة – فمثلاً لا تستطيع عين الإنسان ان ترى الاشياء إلا عند وجود موجات ضوئية فى أطوال معينة تنعكس من هذه الأجسام أو إذا أصبحت هذه الأجسام ذاتها مشعة فى المجالات الضوئية التى تدخل فى نطاق قدرات حساسية العين البشرية ، وبالتالى لا يمكن للإنسان أن يرى فى الظلام الكامل – وكلمة الظلام الكامل هنا كلمة مجازية – فلا شيء يسمى بالظلام الكامل ، وإنما قد لا تتوفر الموجات الضوئية بالأطوال والذبذبات المحددة التى تستطيع العين البشرية أن تحس بها ، ومع ذلك فهناك موجات ضوئية وهناك ضوء خارج هذا النطاق المرئى لا تستطيع العين البشرية أن تشعر به – وكذلك الأذن – حاسة السمع عند الإنسان – لها قدرات محدودة على التقاط الموجات الصوتية فى نطاق أطوال موجات وذبذبات معينة وما زاد أو قصر عن ذلك لا تشعر به ، وبالنسبة لحاسة الشم أو تمييز ذرات من مواد كيماوية معينة معلقة فى الهواء فإن الإنسان يستطيع أن يشعر بها . حين تكون مركزة بتركيز معين .

وفى عصرنا الحديث – ومن خلال « عيون » متعددة قابلة للرؤية والاستكشاف خارج نطاق القدرة المحدودة للعيون البشرية – تقوم الأقمار الصناعية وطائرات الاستكشاف التى تحلق على ارتفاعات شاهقة بمراقبة كل بقعة على سطح الأرض وبصفة مستمرة ليلاً ونهاراً ، وتقوم هذه الأقمار الصناعية وطائرات الاستكشاف بما يتوفر فيها من « عيون » ذات قدرات خاصة – سواء أكانت هذه العيون على هيئة أجهزة تصوير عادية

أم كانت إلكترونية – بتسجيل ما تراه فى كل مكان على سطح الكرة الأرضية وترسل ببعض هذه المشاهدات فوراً إلى مراكز التقاط أرضية بتجميع هذه المشاهد ووضعها فى صور مختلفة لدراستها واستخلاص كميات هائلة من المعلومات عنها .

والاستشعار من البعد – بأسلوب التصوير من ارتفاعات كبيرة – ليس فنًّا حديثاً ، بل يرجع تاريخه إلى ما قبل الحرب العالمية الأولى – ولكن الفوائد الهائلة للتصوير الجوى وخاصة للأغراض العسكرية لم تتضح أهميته البالغة حتى الحرب العالمية الثانية – فاستخدمته قوات المحور على نطاق واسع فى غزو فرنسا – وكان للدراسات الناجحة التى قامت بها قوات المحور – مستخدمة الاستكشاف الجوى فيها – أثرها البالغ فى إعداد ونجاح خطة ضرب مطارات الحلفاء فى الجبهة الغربية . وقد تنبأ القائد العسكرى الألمانى المشهور الجنرال « فرنهم فون فريتش » فى هذا الوقت (سنة ١٩٣٨) بأهمية الاستكشاف الجوى فى كسب الحرب العالمية الثانية عندما قال :

« إن الدولة التى سوف تملك أكثر أجهزة الاستكشاف الجوى فعالية هى التى سوف تكسب الحرب التالية » .

وبرغم تفوق العلماء الألمان فى بداية الحرب العالمية الثانية فى فن الاستكشاف الجوى إلا أن بعض دول الحلفاء – وعلى الأخص الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتى وإنجلترا – وبعد إدراكهم لأهمية هذا السلاح

الفعال – انكبوا على دراسات واسعة وأفرغوا جهداً كبيراً لبناء أجهزتهم الخاصة بالاستكشاف والاستشعار ، ولعب هذا التقدم بعد ذلك دوراً هامًّا فى حصار ليننجراد وفى معارك الباسيفيك عام ١٩٤٣ مما دعا الأدميرال « تيرنر » قائد القوات الأمريكية البحرية إلى قوله المشهور :

« **إن الاستكشاف الجوى كان أحد وسائلنا الفعالة فى معارك الباسيفيك ولا يمكن التقليل من أهميته** » .

ونتيجة للحرب العالمية الثانية وللتنافس الشديد بين الدول الكبرى أثناء هذه الحرب فى تطوير وسائلها لـلاستكشاف والتجسس من الجو واستحداث طرق كثيرة لهذا الغرض لها قدرات متقدمة ؛ فقد تمهد الطريق للتقدم الهائل فى هذا الميدان بعد انتهاء الحرب وللآن .

وتقديراً للاهمية البالغة التى يلعبها علم الاستكشاف الجوى – أو « الاستشعار من البعد » كما يسميه العلماء فى الوقت الحالى فى تقديم معلومات لا سبيل إلى الشك فى صحتها ودقتها عن أماكن متعددة فوق سطح الأرض وفوق كثير من أقطار العالم – معلومات يتوقف على نتيجة دراستها استراتيجية السلام وتوازن القوى فى العالم – ولعلنا لا ننسى الأزمة التى أدت إلى أن ينفض مؤتمر القمة بين الرئيس كيندى وخروشوف فى فيينا عام ١٩٦١ على أثر إسقاط الاتحاد السوفيتى لطائرة الاستطلاع الأمريكية فوق أراضى الاتحاد السوفيتى وقت انعقاد المؤتمر المذكور – ثم الأزمة التى أوصلت العالم إلى شفا حرب عالمية ثالثة عام ١٩٦٢ عندما

اكتشفت الولايات المتحدة – باستخدام الوسائل المتقدمة للاستشعار من البعد فوق جزيرة كوبا – وجود قواعد للصواريخ السوفيتية بها – واستخدمت الولايات المتحدة الصور الإلكترونية وصور الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع الحديثة ، كدليل مادى على وجود هذه القواعد الصاروخية التى تهدد أمن الولايات المتحدة ، وعرضته كدليل لا يقبل الشك فى الأمم المتحدة – وطالبت الاتحاد السوفيتى بسحب هذه القواعد فوراً وإلا نشبت حرب عالمية ثالثة – وتم ذلك بالفعل بعد ذلك .

ولذلك فإن هذا العلم قد تقدم تقدماً هائلا فى السنوات الأخيرة ولم يصبح مقتصراً على الوسائل البدائية للتصوير الجوى بل أصبح يتضمن استخدام أجهزة وطرق تمثل غاية ما وصل إليه العلم الحديث من تقدم .

وتتضمن هذه الوسائل استخدام خاصية الأهداف المختلفة على سطح الأرض لعكس الإشعاعات غير المرئية – مثل الأشعة تحت الحمراء أو استخدام موجات الرادار وموجات اللاسلكى بعد إرسالها من الطائرات إلى الأهداف الأرضية واستقبالها وتسجيلها بعد انعكاسها ، وكذلك تتضمن هذه الوسائل الحديثة للاستكشاف الجوى استخدام خاصية الإشعاع الذاتى للأجسام المختلفة على سطح الأرض للأشعة تحت الحمراء فتقوم أجهزة خاصة باستقبال هذه الأشعة وتسجيلها وعرضها بطرق مختلفة ، ولهذه الوسيلة الأخيرة قدرة على الاستكشاف ليلا ومن ارتفاعات شاهقة وبدون استعمال أية إضاءة على الإطلاق ، بل لبعض

هذه الوسائل الحديثة قدرات على اكتشاف بعض الأهداف والمنشآت المختبئة أو المدفونة تحت سطح الأرض وعلى أعماق كبيرة أو المغطاة بالأشجار أو الأعشاب وأيضاً فى ظلام الليل الدامس .

وبإدخال هذه الاستحداثات الهائلة أصبح التصوير العادى مجرد جزء بسيط من عملية معقدة تعتمد على استغلال كل الخصائص الحرارية وخصائص انعكاس وامتصاص الأجسام المرصودة للموجات الضوئية والإلكترونية فى المجال المرئى أو غير المرئى – وأصبح لهذه الطرق قدرات هائلة تفوق بالطرق العادية للتصوير الجوى .

ومجال هذا الكتاب – هو أن أقدم للقارئ وبأسلوب مبسط ومشوق :

١ – بعض التطبيقات الهامة التى يساهم فيها « علم الاستشعار من البعد » باستخدام البيانات والمعلومات التى توفرها الأقمار الصناعية المتخصصة وطائرات الاستطلاع فى مشروعات التنمية الكبرى فى مصر والعالم العربى .

٢ – عرض التجربة المصرية فى هذا المجال – باعتبارها تجربة رائدة – وتقدم مثالا تعتبره الآن الدول المتقدمة من أنجح الأمثلة لوسائل نقل التكنولوجيا الحديثة والمتقدمة – وتطور هذه التجربة من مجرد مشروع علمى صغير إلى مركز متقدم لخدمة مشروعات التنمية الكبرى فى مصر والعالم العربى والدول الأفريقية .

استخدام الأقمار الصناعية المتخصصة وطائرات الاستطلاع فى مشروعات التنمية الهامة

١ – استخدام خاصية عكس الأجسام للأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء :

نحن نرى الأجسام بألوانها الطبيعية فى الطبيعة حسب قابلية هذه الأجسام لامتصاص الموجات الضوئية فى المجال المرئى فقط حيث إن عيوننا قابلة للإحساس بهذه الموجات فى مجال محدود فقط – وأى موجات أطول أو أقصر من ذلك لا تستطيع العين المجردة الإحساس بها . والضوء المرئى عند تحليله إلى موجات متعددة يتدرج من اللون البنفسجى فى ناحية إلى اللون الأحمر فى الناحية الأخرى – والصور العادية المأخوذة من الجو سواء الملونة أو العادية – ما هى إلا سجل لانعكاس هذه الموجات المرئية من على سطح الأرض أو أى هدف معين عليها مما يسهل عملية دراسة هذه الأهداف الأرضية المختلفة والتعرف عليها إما بأشكالها أو بألوانها أو بخصائصها الأخرى المرئية .

غير أنه وجد أن خاصية الأجسام المختلفة لعكس الموجات الضوئية خارج هذا النطاق المرئى قد تختلف تماماً عن عكسها لهذه الموجات فى

النطاق المرئى – أى أنه إذا تشابه جسمان تشابهاً كاملاً فى الشكل واللون بحيث قد يصعب التميز بينهما عند الرؤية المباشرة أو من صور عادية أو ملونة مأخوذة لهما – فإذا اختلفت طبيعة المادة المصنوع منها الجسمان اختلفت بذلك كمية الانعكاس على سطحى الجسمين خارج النطاق المرئى وبالذات فى نطاق موجات الأشعة تحت الحمراء .

ولأن العين المجردة لا يمكنها الإحساس بهذه الموجات تحت الحمراء – فقد تم للفنيين ابتكار أفلام عليها طبقة خاصة حساسة للأشعة تحت الحمراء بحيث يمكن أن يسجل عليها أى اختلاف لكمية الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من أى جسم بالنسبة لأى جسم آخر ، بذلك أمكن تحويل الأشعة تحت الحمراء إلى مجموعة ظلال وألوان يمكن للعين المجردة رؤيتها والتميز بينها – وقد سمى هذا الفيلم بواسطة الفنيين « الفيلم الخاص بكشف التمويه أو الكاموفلاج » وذلك نظراً لاستخدام هذا النوع من الأفلام وقدراتها على الكشف عن الأهداف « المموهة » أو المدفونة لتبدو بلون الطبيعة حولها والتى قد تصعب رؤيتها بوضوح من الجو أو ظهورها بوضوح على الصور الجوية حيث تختلط فى هذه الحالة أشكال وألوان هذه الأهداف الطبيعية حولها – إلا أن طبيعة المادة نفسها المصنوع منها هذه الأهداف – وبرغم تشابه لونها تماماً مع ما حولها – تسبب انعكاس كمية مختلفة من الأشعة تحت الحمراء من هذه الأهداف عن الطبيعة حولها ، ويترتب على ذلك ظهور هذه الأهداف بظلال وألوان

مختلفة تماماً عما حولها من طبيعة على هذا الفيلم الخاص الحساس للأشعة تحت الحمراء – مما يسهل عملية اكتشاف هذه الأهداف بسهولة تامة .

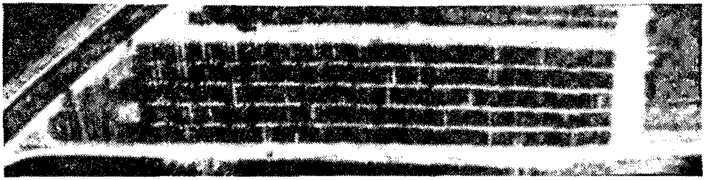
وبعد استحداث هذا النوع الخاص من الأفلام الحساسة للأشعة تحت الحمراء ، تحايل العسكريون على قدرات هذا الفيلم فى الكشف عن الأهداف المصممة أو المدهونة لكى تبدو بلون الطبيعة حولها «كاموفلاج» باستحداث دهانات خاصة تستعمل فى طلاء الأهداف العسكرية حيث لا تبدو فقط بلون الطبيعة حولها عند الرؤية المباشرة أو تصويرها بطرق التصوير العادية من الجو – بل أيضاً تعكس هذه الطلاءات كمية مماثلة تماماً من الأشعة تحت الحمراء مثل الطبيعة حول الهدف – مما يقلل أو يلغى فعالية هذه الأفلام فى الكشف عن هذه الأهداف – ولكن مرة أخرى أمكن للعلم الحديث أن يتغلب على ذلك باستحداث طرق للاستكشاف لا تتأثر بهذه الخدع – وهذه الطرق مشروحة فى الجزء التالى من هذا الكتاب .

ولهذه الأفلام الخاصة التى تحدثنا عنها إمكانات استخدام واسعة النطاق عند استعمالها فى التصوير الجوى للأغراض الزراعية – ويمكن للدول النامية بالذات الاستفادة الهائلة من هذا الأسلوب العلمى الحديث فى مجالات زراعية متعددة يمكن أن تحقق تقدماً كبيراً ووفراً اقتصاديًّا هائلاً فى الكشف عن حدود ومقدار الإصابة أو الآفات فى المحاصيل الزراعية الإقتصادية الهامة وفى مراحل مبكرة جدًّا من الإصابة مثل

محاصيل القطن والقمح ومناطق الأشجار والفواكه . . إلخ – ويمكن بهذا الأسلوب تغطية واستكشاف مناطق زراعية واسعة قد يستغرق فحصها واستكشافها على الطبيعة أو على الأرض وقتاً ومجهوداً ومصاريف باهظة ، وأيضا فى عمليات الحصر الزراعى – وتفسير ذلك أن النباتات عادة تتأثر بكمية الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من على أوراقها عندما تتعرض لأشعة الشمس مثلاً «وضوء الأشعة تحت الحمراء» تبعاً لحالته الصحية – فإذا تأثرت حالة النبات – مثلاً – بسبب العطش أو ملوحة الأرض أو بسبب تأثره بآفات زراعية أو أمراض ، فإن خلايا النبات المتأثر تبدأ فى عكس كمية من الأشعة تحت الحمراء مختلفة تماماً عن الخلايا فى النبات الصحى غير المتأثر بأى عوامل أو بأى إصابة – وهذه الحساسية لاختلاف كمية الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من النبات قد تبدأ فى مرحلة بدائية تماماً من تأثر النبات بالآفات الزراعية أو بأى عوامل إجهادات أخرى – وهى المرحلة التى قد يصعب حتى على خبير زراعى بفحص المنطقة على الطبيعة أن يدرك بدرجة كبيرة من الثقة مقدار الإصابة وحدودها – وإذا غطيت منطقة زراعية من الجو باستخدام هذه الأفلام الخاصة فإنه يمكن أيضاً تحديد مقدار وفعالية العلاج أو الرش بأى كيماويات – لمكافحة الآفات وتوزيع قوى المكافحة بطريقة فعالة وبسرعة .

ويتم فى مصر حاليًّا – كما يمكن للدول العربية الأخرى – استخدام

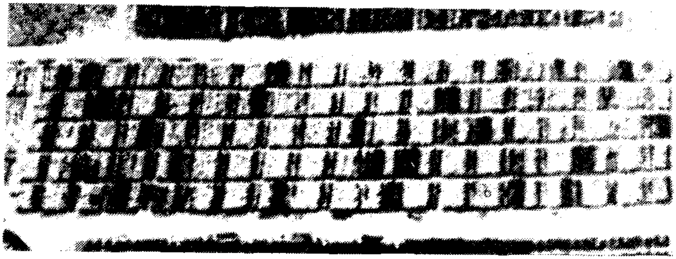
هذا الأسلوب بسهولة وبتكاليف بسيطة جداً فى مثل هذه الأغراض ، وعلى سبيل المثال فإن الصورة رقم (١ – أ) تمثل صورة جوية عادية مأخوذة فوق منطقة زراعية وتبدو الزراعات كلها فى هذه الصورة بلون



صورة (١ – أ)

صورة جوية عادية مأخوذة فوق منطقة زراعية– وتبدو فيها الزراعات كلها بلون واحد قاتم .

قاتم وموحد دليلاً على أنها تبدو متشابهة تماماً عند فَحصها بالعين المجردة – ولا يوجد فارق بينها – ولكن ذلك لا يدل على حقيقة الموقف فى هذه المنطقة – فجزء من هذه الزراعات سليم والآخر به إصابة ، وعند الطيران فوق المنطقة وتصويرها بفيلم حساس للأشعة تحت الحمراء كما هو مبين بالصورة رقم (١ – ب) فإنه يبدو جليًّا أن الزراعات كلها الآن لا تبدو بلون واحد كله قاتم – بل تبدو بعضها بلون فاتح أو أبيض والآخر لونه قاتم – وهذا سجل واضح لحقيقة الحالة الصحية لهذه المنطقة الزراعية – فالنباتات السليمة درجة عكس أوراقها وخلاياها للأشعة تحت الحمراء عالية جدًّا نسبيًّا والنباتات المصابة درجة عكس خلايا أوراقها أقل

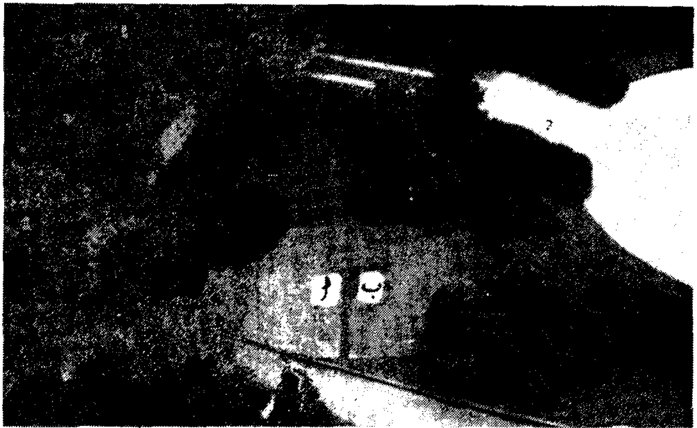


صورة (١ – ب)

صورة جوية لنفس المنطقة فى الصورة (١ – أ) ولكن أخذت من الطائرة بفيلم حساس للأشعة تحت الحمراء القريبة – وتبدو الآن فى هذه الصورة نفس مناطق الزراعات الموضحة فى الصورة السابقة (١ – أ) بعضها بلون فاتح – وهى الزراعات السليمة – وبعضها بلون قاتم وهى مناطق الزراعات المريضة أو المصابة – وتدرج اللون من الفاتح إلى القاتم فى هذه المناطق يدل على تدرج الإصابة أو شدتها .

بكثير ، مما يسمح بظهور الزراعات السليمة على الفيلم الحساس للأشعة تحت الحمراء بلون فاتح والزراعات المصابة بلون قاتم نسبيًّا .

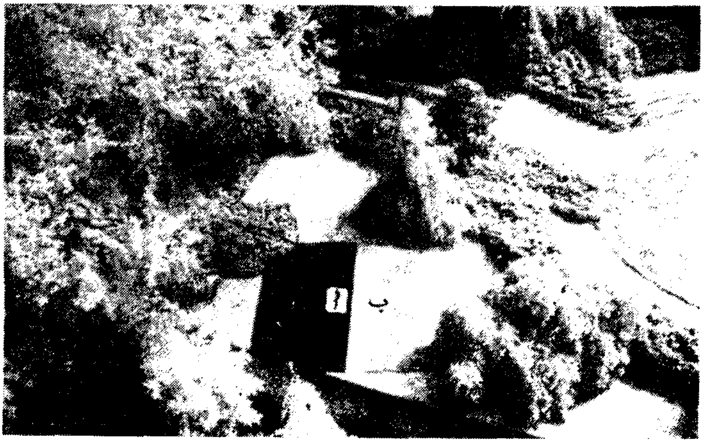
وحتى يمكن تقدير هذه الإمكانات الهائلة لهذه التقنية – فإنه يكفى أن نقول إن عين خبير زراعى على الطبيعة فى هذا الوقت قد لا تستطيع التفريق بين حالة هذه الزراعات ، أى أن المرض أو الإصابة قد تكون فى مرحلة مبكرة ومبدئية جدًّا – ولكن أمكن الكشف عنها بهذا الأسلوب نظراً لاختلاف الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من النباتات السليمة عنها عن المصابة بمرض – وقد يكون هذا المرض فطريًّا أو فى التربة نفسها أو إصابة حشرية فى الزراعات .



الصورة رقم (٢ – أ)

صورة جوية عادية من سطح الأرض لمنطقة حدائق بها بعض الأشجار والحشائش – وقد رسم على الأرض مربعان (أ) ، (ب) – أحدهما (ب) من الأعشاب الطبيعية التى تنمو فى المنطقة – والآخر (أ) عبارة عن سطح صناعى مدهون باللون الأخضر المموه ليبدو متماثلاً مع الأول تماماً ومماثلاً وممتزجاً مع الطبيعة حوله – ويرى فى الصورة العادية هذه أن المربعين المذكورين يبدوان فعلاً متشابهين تماماً ، وممتزجين إلى حد كبير مع الطبيعة حولها – وهكذا أيضاً يبدوان بالنظر المباشر لها بالعين المجردة .

هذا بالإضافة إلى أنه يمكن تغطية واستكشاف منطقة واسعة تبلغ مئات الأفدنة من الأشجار أو المحاصيل الزراعية بهذه الطريقة ، وفى فترة زمنية لا تزيد على دقائق معدودة ، والتى قد يستغرق فحصها على الطبيعة وتحديد الإصابة فيها جهداً ووقتاً وتكاليف هائلة – وقد يكون الوقت ثميناً



الصورة (٢ – ب)

نفس المنطقة السابقة ، ولكنها صورت بفيلم حساس للأشعة تحت الحمراء القريبة ، ومسجل عليها درجات انعكاس الضوء فى مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة – ومنه يبدو بوضوح كامل أن المربع (أ) المدهون ليبدو مماثلاً للطبيعة حوله ومشابهاً للمربع (ب) أصبح مميزاً تماماً ويبدو بلون قاتم أو أسود وأصبح يمكن تمييزه بسهولة كبيرة .

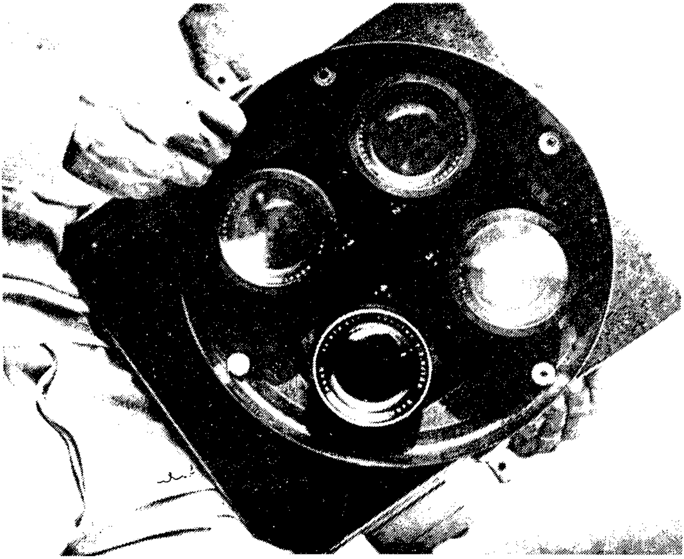
جدًّا فى هذه الحالة – وللاستفادة من ظاهرة قابلية عكس الأهداف المختلفة على سطح الأرض للطاقة الضوئية بأطوال موجاتها المختلفة وبكميات متفاوتة سواء فى المجال المرئى للضوء أو فى مجال الأشعة تحت الحمراء – فقد استحدث العلماء أخيراً أجهزة تصوير حديثة تستعمل فى عمليات الاستكشاف الجوى من الطائرات حاليًّا بها عدة عدسات –

وهذه الأجهزة تسمح بأخذ عدة صور مختلفة فى نفس الوقت لنفس المنطقة على الأرض فى أطوال موجات ضوئية متباينة حتى يمكن الحصول على أفضل النتائج للتمييز بين الأهداف المختلفة على سطح الأرض – وموضح بالصورة رقم (٣) أحد هذه الأجهزة التى تستخدم فى طائرات الاستطلاع الخاصة بالمركز المصرى للاستشعار من البعد فى أغراض المسح الجيولوجى والزراعى .

٢ – استخدام خاصية الإشعاع الذاتى للأجسام للأشعة تحت الحمراء فى عمليات الاستطلاع والاستشعار من البعد .

لعل هذا من أهم التطبيقات الخاصة باستخدام الأشعة تحت الحمراء فى مجال الاستشعار من البعد – وفى هذه الطريقة تستخدم خاصية الإشعاع الذاتى للأجسام المختلفة للأشعة تحت الحمراء فى الموجات الطويلة التى لا يمكن تسجيلها – لأسباب فنية متعددة على الأفلام الخاصة التى تحدثنا عنها سابقاً – وقد استخدمت هذه الوسيلة بنجاح كبير فى كثير من التطبيقات العسكرية الهامة فى السنوات القليلة الماضية – وتعتبر من أهم الوسائل التى تستعملها أقمار التجسس والمعلومات – وطائرات الاستكشاف العسكرية التى تطير على ارتفاعات كبيرة .

وترجع الأهمية الخاصة لهذه الطريقة الحديثة فى قدرتها المذهلة على الاستشعار من البعد للأهداف الأرضية وتحديد طبيعتها فى ظلام الليل الدامس ودون الاستعانة بأية إضاءة ، وكذلك قدرتها على اكتشاف



الصورة رقم (٣)

الكمرا الجوية رباعية العدسات – التى تستخدم فى طائرة الاستطلاع بالمركز المصرى للاستشعار من البعد – والتى تقوم بالحصول على أربع صور فى نفس الوقت لنفس المنطقة فى أربعة مجالات طبقية من الضوء – الأزرق ، والأخضر ، والأحمر ، والأشعة تحت الحمراء القريبة .

وذلك لإمكان الحصول على أكبر قدر من المعلومات عن المنطقة المصورة – والتى لا يمكن الحصول عليها بالتصوير العادى بالكاميرات والأفلام العادية .

بعض الأشياء المختبئة تحت سطح الأرض أو داخل مبان ومنشآت قد لا يدل مظهرها الخارجى على حقيقة ما يوجد بداخلها ولا يخفى أن لكل هذا أهميته البالغة من الناحية العسكرية – وقد تبين فى السنوات القليلة الماضية أن هناك إمكانات ضخمة للاستفادة من هذه الطريقة فى **كثير من التطبيقات المدنية الهامة جدًّا والتى يمكن للدول النامية الإفادة منها إلى أبعد الحدود .**

ولشرح أساس هذه الطريقة بأبسط الأساليب فإن هذه الطريقة تستخدم نظرية الإشعاع الذاتى للأجسام المختلفة للأشعة تحت الحمراء فى الموجات الطويلة – فلكل جسم فى الطبيعة قدرة على الإشعاع الذاتى للأشعة تحت الحمراء بمقدار يتناسب مع درجة حرارته ومع الذبذبات الخاصة بذراته وجزئياته الذاتية – فالأجسام الأعلى حرارة تصدر منها كمية طاقة أكثر من الأجسام الأخرى الأقل حرارة نسبيًّا . . وهكذا . وأى اختلاف طفيف ولو جزء من الدرجة بين حرارة جسم وآخر فإن ذلك يسبب اختلافاً محسوساً فى كمية الإشعاع الصادرة من الجسمين .

فإذا تصورنا فى هذه الحالة أن جهازاً إلكترونيًّا خاصًّا له قدرة على التقاط هذه الأشعة الصادرة من الأجسام وضع على بعد شاسع من سطح الأرض فى طائرة مثلاً أو قمر صناعى ووجه نحو الأرض – وإذا أمكن لهذا الجهاز تحويل الطاقة الإشعاعية التى يستقبلها من سطح الأرض من طاقة حرارية غير مرئية إلى ضوء مرئى تتناسب درجة توهجه مع كمية

الطاقة الواصلة إلى الجهاز – وإذا تصورنا بعد ذلك أنه يمكن تسجيل هذا التوهج على فيلم عادى لأمكننا فى النهاية الحصول على ما يشبه الصورة العادية لسطح الأرض وما عليها من مبان وأهداف مختلفة – ولكن تظهر فيها الأجسام والأهداف المختلفة وتتميز عن بعضها بمقدار ما يصدر منها من إشعاع . وهذا هو ببساطة الأسلوب المتبع فى أجهزة الاستشعار من البعد التى تستخدم خاصية الإشعاع الذاتى للأجسام .

وقد يبدو الأسلوب فى ظاهره بسيطاً – إلا أن هناك عقبات كثيرة وعوامل متعددة يجب أخذها فى الاعتبار لنجاح هذا الأسلوب من الاستكشاف سواء فى الأغراض العسكرية أو المدنية .

فمثلاً يحتوى الهواء العادى فوق سطح الأرض على غازات وذرات معلقة من مواد مختلفة تسبب تبعثر وامتصاص هذه الأشعة الذاتية تحت الحمراء الصادرة من الأجسام فى كثير من الموجات وتمنع وصولها إلى مسافات بعيدة – ولحسن الحظ توجد موجات معينة يكون امتصاص الجو فيها لهذه الأشعة تحت الحمراء قليلاً جدًّا أو معدوماً – ولذلك يسمى العلماء هذه الأطوال من الموجات « بالنوافذ الجوية » – فهى الموجات الوحيدة التى يمكن أن تصل من الهدف المرصود إلى أجهزة التجميع والاستشعار الإلكترونية المحمولة فى الطائرات أو الموضوعة على مسافات بعيدة من هذه الأهداف دون أن يمتصها الهواء الفاصل بين الأهداف وبين أجهزة التسجيل .



الصورة رقم (٤)

منطقة بالصحراء الغربية المصرية شمال محافظة الفيوم – والتى تم تصويرها بالأشعة الحرارية طويلة الموجات الصادرة من الأرض – وفى ظلام الليل الكامل – والتى توضح خطوط الرشح الجوفى بالأرض ، وكذلك مواقع بعض الخامات المعدنية المهمة اقتصادياً .

وللتدليل على القدرات الهائلة لهذه الطريقة الحديثة فى الاستشعار من البعد سوف أقدم عرضاً سريعاً لبعض التطبيقات التى استخدمت فيها تعطى القارئ فكرة واضحة عن حساسيتها وإمكاناتها .

فمثلاً ما يبدو أنه صورة رقم (٤) هو فى الواقع سجل إلكترونى أخذ فى ظلام الليل الدامس من الطائرة بجهاز الاستطلاع الذى يقوم بتجميع الأشعة تحت الحمراء الصادرة من الأرض فوق منطقة من صحراء مصر الغربية شمال محافظة الفيوم عند جبل القطرانى والمناطق القاتمة الظلال فى

الصورة الإلكترونية هى المناطق الأكثر برودة نسبيًّا مما حولها والمناطق الفاتحة اللون هى المناطق التى تتواجد فى درجة حرارة أعلى نسبيًّا مما يسبب إشعاعاً عالياً صادراً منها .

ولتقدير إمكانات مثل هذا الأسلوب العلمى المتطور فى عمليات الاستطلاع فإنه قد تبين من الفحص[١] على الطبيعة أن هذه الخطوط الملتوية التى تظهر فى الصورة بلون فاتح (أو أبيض) – ومعنى ذلك أنها متواجدة على درجة حرارة أعلى مما حولها من مناطق – هى لبعض الأودية فى الصحراء الغربية والتى ترتفع نسبة الرشح والمياه بها ، وبالتالى فإن درجة حرارتها النوعية عالية مما يسمح لها بأن تختزن الحرارة التى تمتصها من أشعة الشمس فى أثناء النهار لمدة أطول أثناء الليل فى حين تبرد المناطق الجافة التى حولها فى وقت أسرع نسبيًّا .

ولهذا بدت فى هذا الوقت من الليل واضحة تماماً لأنها تتواجد فى درجة حرارة أعلى مما حولها – كما أنه من المدهش حقًّا ما يبدو فى أعلى الصورة إلى اليسار على هيئة ثلاث نقط مضيئة (والمشار إليها بالسهم) – وبالفحص المباشر على الطبيعة تبين أنها ثلاثة تلال أو هضاب – والسبب فى ظهورها واضحة بهذا الشكل وجودها فى درجة حرارة أعلى مما حولها ، وبالتالى فإن الإشعاع الحرارى الصادر منها يجعلها مميزة تماماً .

ولعل القارئ يتساءل : لماذا تكون درجة حرارة هذه التلال أعلى

مما حولها ؟ ولماذا تكون درجة إشعاعها الحرارى أعلى مما حولها ؟ والسبب – بعد أن تم فحصها على الطبيعة وتحليل بعض العينات منها – أن بها تركيزاً عالياً من خام الجبس مما يجعل درجة حرارتها النوعية – نظراً لتركيبها المختلف عما حولها – أعلى – وبالتالى أمكن تحديدها وظهورها هذا الوضوح الكامل – وحتى فى ساعة متأخرة من الليل وفى الظلام الكامل .

وللقارئ أن يتصور مدى الإمكانات الهائلة لمثل هذه التقنية المتقدمة فى الكشف عن الخامات المهمة اقتصاديًّا وتحديد أماكنها وامتداداتها فى الأراضى والصحارى المصرية الشاسعة – وفى دقة ووقت قصير – فى حين يكون اكتشافها بالطرق التقليدية الأرضية – وحتى بالتصوير الجوى العادى التقليدى صعباً للغاية ويستغرق وقتاً وزمناً طويلين .

ومما سبق من هذا المثال المحدود فإنه يمكن إدراك أهمية مثل هذه التكنولوجيا المتقدمة فى الكشف السريع وبفاعلية ودقة وتكاليف ثقيلة وفوق مناطق شاسعة من الثروات المعدنية والتركيبات الجيولوجية الحيوية التى تؤثر على المشروعات الهندسية والاقتصادية الهامة والكشف عن مصادر الطاقة الحرارية المختزنة فى باطن الأرض وتوزيعها .

وللأشعة تحت الحمراء الطويلة الموجات قدرة كبيرة على اختراق سحب الدخان ، فعند نشوب حريق كبير أو عند القيام بغارات جوية كبيرة نجد سحباً كثيفة من الدخان تغطى المنطقة وتمنع أية رؤية مباشرة أو إحساس – بعد نشوب الحريق – بالمكان المحدد الذى تشب به النيران

الفعلية وقد يكون تحديدها بالضبط على الطبيعة مستحيلا أو صعباً جدًّا ، وقد يستغرق وقتاً طويلا والوقت ثمين جدًّا فى هذه الحالة .



الصورة رقم (٥)

(٥ – أ) صورة عادية لمنطقة أحراش وغابات كما تبدو للعين المجردة – وكما تبدو للكاميرا .

وفى الصورة رقم (٥) تظهر منطقة كثيفة من الأشجار كما تبدو للعين المجردة أو كما تبدو فى صورة عادية . وفى أسفل الصورة يرى سجل بالأشعة تحت الحمراء لنفس المنطقة – وفى هذا السجل يبدو بوضوح تام جسما شخصين مختبئين داخل المنطقة وبين الأشجار ، ولا يمكن رؤيتهما

فى الصورة العليا فى حين يبدو كل منهما بوضوح تام فى السجل الإشعاعى ومن على مسافة بعيدة – وهذا بسبب الاختلاف البسيط فى درجة حرارة جسمى الشخصين المختبئين بين الأشجار ، والأشجار نفسها مسببة إشعاع جسميهما بدرجة أعلى من الأشجار المحيطة بهما – وتستخدم عدة دول هذا الأسلوب الآن فى عمليات الاستكشاف الليلى للأغراض العسكرية فى مناطق الأحراش والغابات والأشجار الكثيفة وكذلك فى الأغراض



(٥ – ب) صورة لنفس منطقة الأحراش التى تبدو فى الصورة (٥ – أ) والتى تم الحصول عليها بواسطة الكاميرا الإلكترونية للتصوير بالأشعة تحت الحمراء الطويلة – للأشعة الحرارية الصادرة من المنطقة – ويبدو فيها هنا بوضوح كامل جسما شخصين مختبئين داخل منطقة الأحراش .

المدنية لمحاربة الجريمة ، والرؤية الواضحة خلال ظلام الليل الدامس ومن على مسافات شاسعة .

والصورة رقم (٦) توضح سجلا للأشعة تحت الحمراء الصادرة من منطقة زراعية فى ظلام الليل الدامس ومن ارتفاع حوالى أربعه كيلومترات ، وعلى السجل تبدو خطوط قاتمة اللون – وأشير إلى جزء منها بالسهم – وهذه تحدد أماكن للرشح الجوفى وأماكن ترتفع فيها المياه الجوفية لتقترب من سطح الأرض – وهذه تبدو بوضوح برغم أن الأرض فوقها أيضا مغطاة بالمحاصيل والأعشاب – ولعل هذا مثال واضح وبالغ الأهمية للقدرة الكبيرة لهذا الأسلوب فى أحد التطبيقات الهامة والتى يمكن الإفادة منها إلى أبعد الحدود فى مصر والدول العربية الأخرى فى كثير من الأغراض الزراعية والرى وصرف الأراضى واستصلاحها والكشف عن توزيع المياه الجوفية بها وأماكن « تطبيل الأرض » وللقارئ أن يتصور مقدار ما قد يتطلبه تحديد شبكة معقدة كهذه على الطبيعة لمناطق الرشح الجوفى وأماكن تسرب المياه الجوفية – وفى منطقة مغطاة بالنباتات على سطح الأرض – ولمنطقة واسعة جداً « عدة آلاف من الأفدنة » كهذه – فإن ذلك قد يتطلب جهد عشرات من الفنيين يعملون على الطبيعة ولمدة طويلة جدًّا ومتكلفاً مصروفات باهظة وقد لا ينتهى جهدهم إلى تحديدها بهذه الدقة التى أمكن تحديدها بها بواسطة هذه الأساليب الحديثة والتى أمكن القيام بها فى دقائق معدودة .

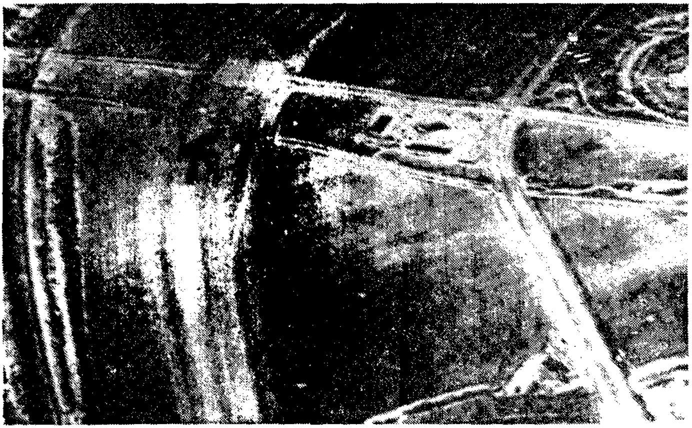


الصورة رقم (٦)

إحدى المناطق الزراعية كما تبدو بجهاز التصوير الإلكترونى بالأشعة الحرارية تحت الحمراء من الطائرة – وفى هذا الوقت بالذات الذى تم الحصول فيه على هذه الصورة – تبدو خطوط الرشح الجوفى بالتربة – وحتى تحت الغطاء النباتى السطحى – بلون قاتم – والمشار إليها بسهم فى هذه الصورة .

والفكرة فى هذا التطبيق واضحة ، فالأماكن التى تقترب فيها المياه الجوفية فى التربة من سطح الأرض أوترتفع نسبة المياه الجوفية فيها ولو ارتفاعاً بسيطاً عما حولها – فإنها تسبب انخفاضاً فى درجة حرارتها فى أوقات معينة فى أثناء النهار أو الليل ، وبالتالى تسبب انخفاض درجة الأشعة تحت الحمراء الصادرة عنها خلال هذه الأوقات عما حولها من مناطق – وبالتالى أيضاً يمكن كشفها ، إذ تظهر بلون قاتم نسبياًّ فى

السجل المجمع إلكترونياًّ بأجهزة الإستشعار من البعد للأشعة تحت الحمراء الصادرة من سطح الأرض فى هذه المنطقة .



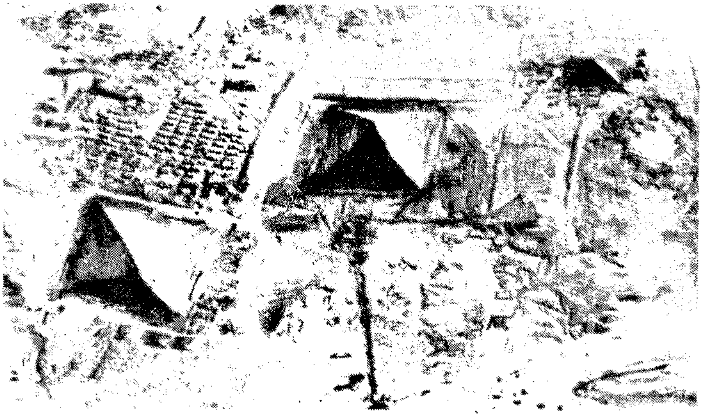
الصورة رقم (٧)

صورة جوية إلكترونية بالأشعة تحت الحمراء الطويلة الموجات – وفى ظلام الليل الكامل – لمنطقة صناعية بها طريق رئيسى وبعض الطرق الفرعية والمصانع – وعند السهم الملتوى تظهر صورة منشأ يمر تحت سطح الطريق ، وعلى عمق أكثر من ثلاثة أمتار (وهو اللون القاتم الأفقى بعرض الطريق) . وهو امتداد المنشأ الذى يظهر على جانبى الطريق فى الصورة – وهكذا أمكن الكشف عما هو موجود تحت سطح الأرض فعلاً .

والصورة رقم (٧) عبارة عن صورة إلكترونية مأخوذة فى ظلام الليل الكامل – من طائرة استطلاع – للأشعة تحت الحمراء الصادرة من سطح تقاطع لشبكة من الطرق وما حولها من معالم – ولعل القارئ

يلاحظ أن الصورة واضحة تماماً وكأنها مأخوذة فى وضح النهار ، ولكن ذلك ليس بغريب ، حيث إن كل هدف على سطح الأرض وكل طريق له درجة إشعاع ذاتى خاصة به وبالتالى يظهر مميزا على السجل الإشعاعى – حتى الطرق المعبدة بالخرسانة تبدو – وفى ظلام الليل الدامس – ومن ارتفاع شاهق – مختلفة عن تلك المرصوفة بالأسفلت . لاختلاف درجة إشعاعها .

والمدهش فى هذه الصورة الإلكترونية – أن المنشأ المشار إليه بسهم ملتو فى أعلى الصورة والذى يرى بوضوح على جانبى الطريق – لا يزال مرئيًّا عندما يمر تحت سطح الطريق وعلى عمق عشرات الأقدام ، وكأن سطح الطريق مصنوع من مادة شفافة (وعلينا أن نتذكر أن هذا فى ظلام الليل الدامس ومن ارتفاع كبير ودون الاستعانة بأى إضاءة مطلقاً) – وسر ذلك أن هذا المنشأ عندما يمر تحت سطح الطريق فإنه يسبب اختلافا بسيطا فى درجة الحرارة فوقه يصل تأثيرها إلى السطح مسبباً اختلافاً فى درجة الإشعاع على سطح الطريق فوق المنشأ مباشرة عن المناطق المجاورة له – مما يسهل رؤيته بوضوح وتحديد مكانه تحت سطح الأرض – ولعل هذا مثال واضح للإمكانات الهائلة لهذا الأسلوب من الاستكشاف الجوى ومن ارتفاعات شاهقة فى الكشف عن المنشآت والأهداف الهامة المختبئة تحت سطح الأرض – وحتى فى ظلام الليل الدامس ودون أية إضاءة خارجية أرضية كانت أو جوية .



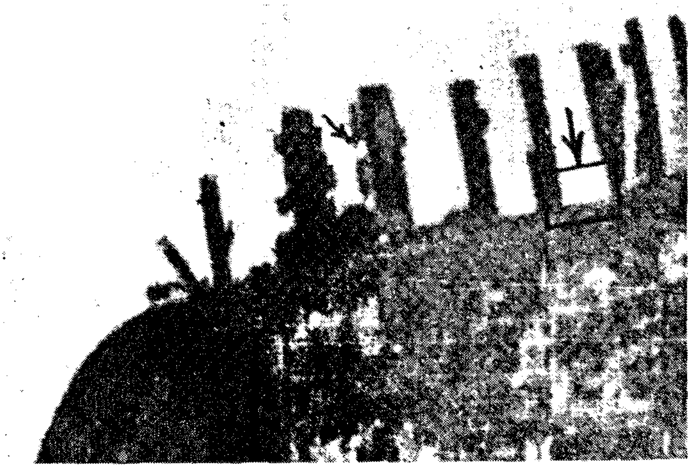
الصورة رقم (٨)

صورة إلكترونية حرارية بالأشعة تحت الحمراء الطويلة – مأخوذة من طائرة فوق منطقة أهرام الجيزة

والصورة رقم (٨) هى سجل للأشعة الحرارية (تحت الحمراء الطويلة الموجات) فى أثناء النهار الصادرة من الأرض فى منطقة أهرام الجيزة – وتبدو فيها الأهرام الثلاثة وبيت سفينة الشمس ومعالم المنطقة المحيطة بها واضحة تماماً – والمناطق الفاتحة اللون أو البيضاء تعنى أنها متواجدة فى أثناء الحصول على هذه الصورة الحرارية فى درجة حرارة نسبية أعلى مما حولها – كما تبدو واجهات الأهرام المعرضة لحرارة أشعة الشمس أعلى من الواجهات الأخرى . . . وهكذا – وإذا تعددت هذه اللقطات فى أثناء الليل والنهار فقد يمكن بواسطتها الكشف عن بعض

الظواهر أو المواقع الأثرية المدفونة تحت سطح الأرض – وكان من الممكن إذا ما مسحت المنطقة التى تبنى عليها القرى السياحية بهضبة الأهرام بهذا الأسلوب فإنه يمكن الكشف عن بعض المواقع الأثرية تحت الأرض – والتى اكتشفت إحداها بطريق المصادفة خلال الإنشاء بعد ذلك عند بدء عمليات تسوية الأرض بمواقع هذه القرى السياحية ولأمكن تفادى الخسائر التى حدثت لهذه المواقع وتعطيل العمل بالموقع .

ومثال آخر – فالذى يبدو فى الصورة رقم (٩) هو صورة إلكترونية بالأشعة الذاتية تحت الحمراء أخذت فى ظلام الليل الدامس فوق منطقة لإحدى الموانئ البحرية . والأماكن التى تظهر فى هذا السجل وكأنها مضيئة ليست فى الواقع إضاءة مرئية أو ضوءاً عاديًّا على الأرض – بل هى أماكن أو مبان أو أهداف معينة ، قوة إشعاعها الذاتى للأشعة تحت الحمراء « الطويلة الموجات » أقوى مما حولها – ومعظم هذه المواقع تمثل إما مبانى تحتوى على محطات قوى أو مصانع – وبحكم طبيعة الأجهزة والماكينات والمعدات الموجودة داخل هذه الأهداف فإنها تسبب صدور إشعاعات عالية منها ، مما يسمح بتسجيلها بوضوح تام كما هو ظاهر بهذا السجل ، فمثلا ضمن السفن الراسية فى الميناء تبدو إحداها وفى وسطها نقطة تبدو كأنها مضيئة « داخل الدائرة » وهذه ليست إضاءة فعلية ، ونظراً لأن محرك هذه السفينة بالذات كان يعمل وقت تسجيل المنطقة أو كان يعمل قبلها بمدة بسيطة – فقد نتج عن ذلك إشعاع عال يجعله مرئيًّا بوضوح



الصورة رقم (٩)

صورة حرارية بجهاز التصوير الإلكترونى بالأشعة تحت الحمراء الطويلة الموجات – وفى ظلام الليل – لمنطقة ميناء – تبدو فيها المنطقة التى تصب فيها ما سورة النفايات الصناعية فى الميناء (المنطقة الفاتحة اللون داخل المربع بين رصيفى الميناء) والمشار إليها بالسهم فى يمين الصورة – كما يبدو عند السهم فى يسار الصورة السفينة التى يعمل محركها وبالتالى يبعث إشعاعات حرارية مميزة – أمكن بواسطتها تحديدها بوضوح كامل ومن ارتفاع كبير من الطائرة .

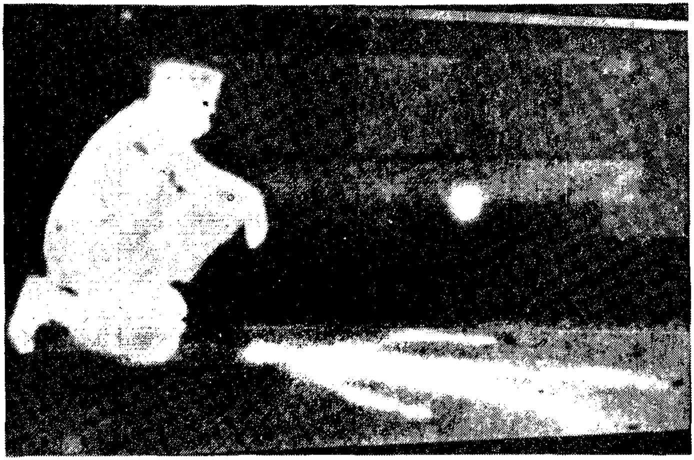
وظهور السفن الأخرى على أرصفة الميناء بلون قاتم دليل عدم نشاط محركاتها وقت أو قبل الحصول على هذه الصورة بوقت طويل .

على السجل - والأعجب من ذلك المنطقة الفاتحة اللون داخل المربع فى يمين الصورة بين رصيفى الميناء فهى منطقة مياه فى النهر، ظهرت بلون مغاير لمياه النهر الأخرى أن درجة حرارتها أعلى بدرجة واحدة فقط من باقى مياه النهر حولها - وبتتبع مصدر ماسورة المياه على الأرض اتضح أن هناك ماسورة قطرها عدة بوصات فقط تقذف بمياه ملونة من عادم بعض المصانع المجاورة فى النهر، وكانت درجة حرارة المياه الملونة أعلى قليلا من مياه النهر وبالتالى سببت ارتفاع درجة حرارة مياه النهر فى هذه النقطة التى تتدفق إليها مسببة زيادة فى الإشعاع الصادر منها مما سهل كشفها على هذا السجل الإلكترونى ومن ارتفاع شاهق وفى ظلام الليل الدامس ودون الاستعانة بأية إضاءة خارجية.

وللقارئ أن يتصور من هذا المثال البسيط مدى التطبيقات الهائلة المختلفة الممكنة فى المجتمعات المدنية والعسكرية لهذا النوع من الاستكشاف.

وأخيراً فإن قدرة هذه التكنولوجيا المتقدمة على الاستشعار من البعد لا تتوقف على الكشف عما هو موجود حاليًّا - بل تتعداه إلى الكشف عن بعض أحداث الماضى والتى قد يصعب الكشف عنها بأى أسلوب آخر.

فمثلا الصورة رقم (١٠) تمثل صورة إلكترونية لحجرة ارتكبت فيها جريمة قتل وكان جسم القتيل ملقى على السجادة ثم تم إخفاؤه وإزالة آثار الجريمة كلية قبل وصول رجال البوليس - ولكن عندما أظلمت الحجرة



الصورة رقم (١٠)

صورة إلكترونية بالكاميرا الحرارية للأشعة تحت الحمراء الصادرة من جسم رجل البوليس (الذى يبدو فى الصورة راكعاً على قدميه) وفى الحجرة المظلمة – فى حين يبدو على الأرض شبح الجثة التى كانت موجودة بالحجرة وملقاة على السجادة على أرض الحجرة – وأزيلت قبل الحصول على هذه الصورة الفريدة بفترة طويلة.

وهكذا فإن هذه الصورة توضح كيف يمكن بهذا الأسلوب – ليس فقط الكشف المذهل عن بعض أحداث الحاضر بل أيضاً بعض أحداث الماضى.

وتم الحصول على صورة مجمعة إلكترونيًّا للأشعة تحت الحمراء الصادرة من أماكن متعددة بالحجرة فإنه يمكن للقارئ رؤية رجل البوليس الراكع على قدميه فى ركن الصورة الأيسر حيث إن الإشعاع الصادر من جسمه الدافئ يجعله مرئيًّا فى ظلام الحجرة بوضوح – ولكن الأهم من ذلك هو أن المكان الذى كان الجسم ملقى عليه على الأرض بعد مدة من إزالته – ما زال يبدو بوضوح تام حيث إن الحرارة البسيطة جدًّا التى تركها الجسم بعد إزالته لا تزال تسبب إشعاعاً أعلى مما حولها .

والمثال الأخير فى الصورة رقم (١١) لرجل كان يجلس على مقعد ثم غادره – والصورة بالأشعة تحت الحمراء تمثله بعد مغادرته مكانه على المقعد بفترة من الزمن – وفى الظلام الكامل – وذلك بحكم الأماكن الأكثر دفئاً التى تركها عند مغادرته لمقعده – وقد يستمر هذا الإشعاع المميز مدة طويلة بعد مغادرة الشخص لمقعده .

ولقد استخدم بعض مخترعى الشعوذة هذا الأسلوب فى الادعاء بإمكانهم رؤية أشخاص أو أشباح ليسوا موجودين فى الحقيقة فى حجرة ما أو مكان معين – مدعين أن هذه أرواح أو أشباح – وهى فى الحقيقة ظاهرة علمية يمكن تفسيرها .

بل تحضرنى واقعة طريفة فى هذا المجال – فقد استخدم رجل فى الولايات المتحدة هذا الأسلوب ليثبت خيانة زوجته له – دخل الرجل ليلة إلى منزله فشعر بحركة غريبة صادرة من حجرة النوم حيث كانت





الصورة رقم (١١)

صورة إلكترونية بالأشعة تحت الحمراء لشخصين يجلسان على مقعدين متجاورين فى حجرة مظلمة تماماً – وتبدو جميع تفاصيل جسميهما وملابسهما – واختلاف درجات الحرارة الصادرة من كل جزء منهما تبعاً لاختلاف درجات حرارة هذه الأجزاء من جسميهما أو ملابسهما .

ولكن بعد مغادرتهما لمقعديهما – وفى الظلام الكامل أيضاً – وبعد وضع كرسى ثالث بينهما لم يكن مستعملا – يبدو بوضوح كامل الكرسيان اللذان استعملهما الشخصان ، وكيف كان يجلس كل منهما عليه ، والأجزاء التى كانت أكثر تلاصقاً من الكراسى لجسميهما – فى حين أن الكرسى الثالث الذى وضع بينهما للتمويه – والذى يبدو للعين المجردة وللكاميرا العادية مشابهاً لهما تماماً – لا يكاد يبدو فى الصورة الحرارية ويظهر كله بلون قاتم (بارد) – دليلاً على أنه لم يستخدم .

زوجته نائمة – وعندما فتح الزوج باب الحجرة رأى شبحاً يقفز من شباك الحجرة إلى الخارج مختفياً فى الظلام ولم يستطع أن يمسك به – وعندما واجه زوجته بذلك أنكرت عليه الرؤية وادعت أن أحداً آخر غيرها لم يكن بالحجرة – فتصادف أن كان هذا الجهاز فى منزل الزوج حيث كان يعمل مساعداً فنيًّا لأحد المعامل المتخصصة وكان عليه أن يخرج بالجهاز لبعض الدراسات العلمية فى اليوم التالى – فأحضر الجهاز وأخذ به صورة للزوجة فى سرير الزوجية وكانت تجلس فى السرير بملابسها الداخلية – وظهرت صورتها بوضوح فى شاشة الجهاز – ولكن شبح الجسم الآخر الذى كان يرقد بجوارها فى السرير ظهر أيضا بوضوح كامل – فأخذ الزوج هذه الصورة وقدمها إلى المحكمة كدليل مادى على خيانة زوجته وأخذت بها المحكمة وحكمت له بالطلاق .

ويستخدم العسكريون هذا التكنيك فى عمليات الاستطلاع الجوى فى كثير من التطبيقات لمعرفة الماضى الخاص ببعض الأهداف الاستراتيجية والتى تكون معرفته ذات أهمية خاصة (مثل تحديد الممرات الجوية فى المطارات التى تكون قد استخدمت منذ فترة قبل عملية الاستكشاف عن تلك الممرات التى لم تستخدم – أو الأماكن التى كانت تقف عليها مركبات أو طائرات ، وتركتها قبل عملية الاستكشاف) فإن هذه الأماكن تبدو بظلال مختلفة نتيجة اختلاف الإشعاع الصادر منها عما حولها وبتأثير ما كان يقف فوقها لمدة قبل عملية الاستكشاف .

الاستشعار من البعد من الأقمار الصناعية

مع انطلاقة الإنسان إلى الفضاء الخارجى واستخدامه لهذا الفضاء لوضع مركبات تحمل أجهزة متقدمة للاستشعار من البعد لداسة ما يحيط بنا من أسرار الكون العظيم – وأيضا لدراسة أرضنا التى نعيش عليها من مسافات بعيدة – ولفحص مساحات شاسعة منها فى زمن وجيز – فقد كان ذلك إيذاناً ببدء عصر جديد وفتح آفاق جديدة أمام عالم الاستشعار من البعد .

ولعلنا إذا أردنا أن نفهم أصل هذا الموضوع فلا بد أن نروى قصة الحصول على صور للأرض من الفضاء الخارجى منذ بدايتها :

فعندما بدأ الإنسان فى كشف أسرار الفضاء الخارجى خلال القرن العشرين – كان من المنطقى أن يقوم بتسجيل رؤيته واكتشافاته باستخدام وسائل التصوير المختلفة – حيث يمكن أن تنقل الصورة الواحدة إلى ملايين البشر فى مختلف أنحاء الأرض – ما يعجز عن وصفه الكتّاب . وتمشياً مع التطور الحديث فى عالم التصوير . كان لا بد للإنسان عند تسجيل اكتشافاته من الفضاء الخارجى أن يستخدم الصور الملونة .

هنا نجد أن أول محاولة لالتقاط الصور الملونة لسطح الكرة الأرضية من الفضاء الخارجى قد تم يوم ٣١ يناير عام ١٩٦١ من سفينة الفضاء

« ميركورى ردستوز ٢ » وهى سفينة فضاء بدون رواد – استخدمت فيها كاميرا أتوماتيكية تستطيع أن تلتقط عشر صور فى الدقيقة الواحدة . ولقد تم خلال هذه الرحلة تسجيل ١٦٠ صورة ، ولم تنجح معظمها فى تسجيل شيء يذكر يمكن الاستفادة منه علميًّا . ثم كانت المحاولة الثانية فى ٥ مايو من نفس السنة عندما قام رائد الفضاء « آلان شبرد » برحلته المشهورة فى مدار جزئى حول الكرة الأرضية لمدة ١٥ دقيقة فى سفينة الفضاء (ميركورى – ردستون – ٣) واستخدم فيها أيضاً كاميرا مماثلة للرحلة السابقة ، وتم الحصول فى أثناء هذه الرحلة على ١٥٠ صورة ملونة – ولكن نظراً لمسار السفينة ، والوقت المحدود جدًّا (١٥ دقيقة) الذى استغرقته الرحلة فقد سجلت هذه الصور جميعها مناظر مختلفة للسماء والأفق والمحيط وتجمعات السحب ...

وبالرغم من ذلك – فقد كان لهذه الصور قيمتها فى إطلاع البشر على مالم يمكن لهم أن يروه ورآه (آلن شبرد) وأطلق عليه عبارته المشهورة : « ياله من منظر رائع » .

تأتى بعد هذا رحلة رائد الفضاء « جون جيلن » الذى قام برحلته التاريخية فى ثلاث دورات كاملة حول الكرة الأرضية فى ٢٠ فبراير عام ١٩٦٢ فى سفينة الفضاء « ميركورى – أطلس ٦ » وبقى خلالها فى الفضاء الخارجى لمدة حوالى خمس ساعات – واستخدم خلالها فيلماً ملوناً عاديًّا فى تسجيل أحداث الرحلة ومشاهداته وحصل فيها على ٤٨ صورة

ملونة . ومرة أخرى سجلت معظم هذه الصور تجمعات السحب ومياه المحيطات – إلا أن بعضاً منها سجل مناظر مختلفة لشمال الصحراء الأفريقية . غير أن معظم هذه الصور لم تكن دقيقة ، بل جاءت ضعيفة المعالم . . نتيجة وجود عوائق مختلفة على نافذة الرؤية بمركبة الفضاء التى تم من خلالها تسجيل هذه المشاهد .

ثم قام رائد الفضاء «سكوت كاربنتر» فى مايو من نفس العام على سفينة الفضاء (ميركورى –أطلس – ٧) وبقى فى الفضاء مدة تقرب من خمس ساعات قام خلالها بتسجيل مشاهداته وآثار رحلته بواسطة كاميرا عادية – وحصل خلال الرحلة على ١٥٥ صورة ملونة من الفضاء الخارجى . وتأتى أهمية معظم هذه الصور فى أنها سجلت لأول مرة ، مجموعة رائعة من المناظر للأفق البعيد حول مدار الكرة الأرضية ، وخاصة عند شروق الشمس وغروبها خلف حافة مدار الكرة الأرضية * كما سجلت أيضاً جزءاً من الساحل الشمالى الغربى لأفريقيا .

وفى ٣ أكتوبر عام ١٩٦٢ وعلى سفينة الفضاء (ميركورى – أطلس – ٨) قام رائد الفضاء « والترشيرا » بتسجيل مشاهدات رحلته – لأول مرة – مستخدماً كاميرا جديدة متطورة ، إلا أن الصور التى تم الحصول عليها فى هذه الرحلة كانت رديئة ومحدودة الفائدة وكان تعريض الفيلم للضوء شديداً – نتيجة خطأ لم يتنبه إليه العلماء قبل الرحلة . . وهو استخدام جهاز إلكترونى لقياس الضوء . كالذى يستخدم على سطح

الأرض دون التنبيه إلى حالة الإظلام وتغير الأحوال الضوئية فى الفضاء الخارجى عنه على سطح الأرض .

وفى ١٦ مايو عام ١٩٦٣ . . وفى رحلة رائد الفضاء « جوردن كوبر » الشهيرة على سفينة الفضاء (ميركورى – أطلس – ٩) ، بدأ العصر الجديد من الصور الفضائية لسطح الأرض ، يأخذ منعطفاً جديداً ، وبدأت تتضح القيمة الفعلية والعملية لمثل هذه الصور – ففى أثناء هذه الرحلة التى أتمت فيها السفينة الفضائية ٢٢ مداراً حول الأرض خلال ٢٤ ساعة و ١٩ دقيقة ، قام « كوبر » بالحصول على صور فضائية على درجة عالية من الوضوح ، وخاصة فوق « جبال التبت » فى الصين : « وجبال الهمالايا » . .

وتقدمت البشرية خطوة جديدة إلى الأمام . . فكان برنامج « جيمنى » الجيل الثانى من برنامج الفضاء الخارجى الأمريكى ومرحلة الانتقال بين برنامج (ميركورى) وبرنامج سلسلة أقمار الهبوط على سطح القمر بعد ذلك وهو المعروف ببرنامج « أبوللو » ، وكانت السفينة مصممة على أساس أن تحمل اثنين من رواد الفضاء فى نفس الوقت – وهى سفينة تسمح بملاحة الفضاء لمدة أسبوعين ، ومصممة لتحمل الكثير من الأجهزة العلمية المتخصصة لإجراء قياسات ودراسات علمية معقدة – ومنها عمليات التصوير الفضائية – وبخاصة الصور الملونة .

وكانت أهم المشاريع العلمية التى قامت بها سلسلة مركبات « جيمنى »

فيما يختص بعمليات القياس والتصوير ، ما أطلق عليه مشروع الدراسات الأرضية من الفضاء الخارجى ومشروع الدراسات للأحوال الجوية – وكان الهدف من المشروعين هو الحصول على أكبر عدد ممكن من الصور الفضائية الملونة لسطح الأرض – وتجمعات السحب والأحوال والظواهر الجوية المختلفة الأخرى ، فوق مناطق مختلفة من العالم .

ومن خلال عشر رحلات فضائية مختلفة فى برنامج « جيمنى » والذى كانت كل رحلة منه تحمل رائدين من رواد الفضاء – تم الحصول على أكثر من ٢٠٠٠ صورة ملونة على درجة عالية من الوضوح لمعظم مناطق العالم على سطح الكرة الأرضية – وتم توزيع هذه الصور والسجلات على العلماء فى مختلف المراكز العلمية ، والجامعات ومراكز البحوث العلمية المتخصصة ، لدراستها والاستفادة منها – والمهم أن كثيراً من تلك الصور التقط فوق مصر والساحل الشمالى لأفريقيا ، وشبه الجزيرة العربية .

ونتيجة لنجاح هذا البرنامج – تم وضع الأسس للبرنامج الهائل للفضاء الخارجى الأمريكى بإطلاق سلسلة من مركبات الفضاء الخارجى التى أدت بعد ذلك إلى الوصول إلى القمر – فيما عرف بسلسلة مركبات « أبوللو» ، واستمر الحصول على مجموعات كبيرة من الصور الفضائية الناجحة لسطح الكرة الأرضية من الفضاء الخارجى من سفن « أبوللو» فى أثناء مداراتها حول الكرة الأرضية فى رحلاتها المتعددة بعد ذلك . للهبوط على سطح القمر كما تم القيام بالكثير من التجارب العلمية

الدقيقة والهامة التى تمت فى أثناء هذه الرحلات باستخدام أجهزة معقدة ، مما كان لها فوائد بعد ذلك كثيرة . لصالح البشريه .

ولم تكن الأغراض الأساسية لكل البرامج الفضائية السابقة ، للحصول على صور من الفضاء الخارجى لسطح الأرض أو لإجراء تجارب فى عمليات التصوير الفضائية ، بل لقد كان لهذه السلسلة من الأقمار أهداف كثيرة ومتشابكة ضمن برنامج هائل لتطلع الإنسان نحو المجهول – ونحو استكشاف الفضاء الخارجى البعيد فى حدود قدراته العلمية والبشرية ، والتى تزيد الإنسان إيماناً بما يراه فى آفاق هذه الاستكشافات من إبداع الخالق سبحانه وتعالى لهذا الكون المترامى الذى لا يدرك أبعاده إلا الله .

غير أن تسجيل أحداث هذه الرحلات ومشاهدها ومشاهد الأرض من الفضاء البعيد بالتصوير الملون ، قد فتح الأذهان وكشف للإنسان عن الإمكانات الهائلة التى يمكن من خلالها استخدام أجهزة للتصوير ، والاستطلاع ، و « الاستشعار من البعد » على درجة كبيرة من التقدم والدقة ، والتى لها إمكانات هائلة للتسجيل والتصوير – خارج نطاق إمكانات جميع أجهزة التصوير العادية ، أو المعدلة التى يستخدمها عادة رواد الفضاء فى رحلاتهم مع تصميم أقمار صناعية ، بمواصفات خاصة ، تتلاءم مع هذه النوعية المتقدمة لأجهزة الاستطلاع والتصوير الدقيقة التى سوف توضع بها ، وكذلك تصميم مدارات وبرامج خاصة لكل منها

تتلاءم مع طبيعة هذه الأجهزة ، ومع الأغراض العلمية والفنية التى ترسل من أجلها للفضاء الخارجى .

أصبح مثل هذه البرامج ضروريًّا – والحصول على هذه الصور والسجلات المتخصصة أساسيًّا لإمكان الاستفادة العلمية الدقيقة منها – وللتغلب على المصاعب الروتينية والمنطقية التى تصاحب أخذ صور الفضاء الخارجى بالكاميرات العادية بواسطة الرواد من سفن الفضاء وهى صور يتم التقاطها – كغرض ثانوى – فى أثناء القيام بتنفيذ برامج فضائية لها أغراض أخرى أساسية متعددة خلاف الحصول على صور فضائية ومنها : زوايا الرؤية التى يصعب التحكم فيها – والتى تكون نتيجتها صوراً مشوهة للمعالم الأرضية ، يصعب معها نقل وتوقيع المعلومات المستقاة من هذه الصور على الطبيعة ، ثم صعوبة التحكم فى أحوال الإضاءة المناسبة للحصول على صور واضحة لسطح الأرض . فى أوقات مختلفة من الليل والنهار وأيضاً وجود عوائق بيئية وتراكمات لذرات من مواد مختلفة على نوافذ الرؤية التى يقوم رواد الفضاء بأخذ الصور منها ، مع احتمال وجود أجزاء من مركبة الفضاء عند دورانها أو ميلها فى أثناء المسار ، فى خطة الرؤية من النافذة الفضائية نحو سطح الأرض ، مما يعوق الرؤية الكاملة لسطح الأرض ، أمام أجهزة التصوير من مركبات الفضاء الخارجى – وأهم من كل ذلك الإمكانات المحدودة والمعروفة علميًّا ، لأجهزة التصوير العادية فى تسجيل المعلومات على الأفلام الملونة فى المجال المرئى

فقط للضوء بكل ما يترتب على ذلك من تحديد لإمكاناتها وللتداخل ولانعكاس من التكوينات المختلفة لسطح الأرض فى المجالات الضوئية المتعددة ، والتى يصعب الفصل بينها – إلا إذا أخذت هذه الصور فى مجالات ضوئية منفصلة كل على حدة ، وأيضاً البريق المبهر نتيجة انعكاس أشعة الشمس من فوق مياه المحيطات والبحيرات التى يتم تسجيلها مما يحدد إمكانات استخدام مثل هذه الصور فى الدراسات العلمية لمناطق الشواطئ والمياه .

وقد كان ذلك واضحاً فى الصور التى أخذت لسطح الأرض – وفوق مناطق من مصر والجزيرة العربية ، بواسطة رواد الفضاء فى أثناء رحلة (أبوللو – سيوز) الأخيرة ، فصورة الدلتا – مثلا – قد سجلت فى أثناء هذه الرحلة بأجهزة التصوير العادية على فيلم ملون لا تماثل الشكل الطبيعى المعروف للدلتا – وكذلك مناطق البحر الأحمر وقناة السويس – وذلك للأسباب التى سبق إيضاحها – ومما يحدد إلى درجة كبيرة إمكانات الاستفادة من مثل هذه الصور فى أغراض رسم الخرائط ودراسة التكوينات الأرضية بالمقارنة بالصور والسجلات الدقيقة التى يتم الحصول عليها بواسطة الأقمار الصناعية المتخصصة ، وذلك لأن برنامج (أبوللو – سيوز) كانت له أغراضه الفنية والعلمية الأخرى إلى جانب أخذ صور جوية فضائية – وكذلك الأهداف السياسية للتعاون بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى فى برامج الفضاء الخارجى .

وهنا .. يمكن القول إنه – نتيجة لكل ذلك – ومنذ أواخر الستينات – توقف تقريبا استخدام وسائل التصوير العادى للأغراض العلمية الدقيقة من مركبات الفضاء الخارجى بواسطة رواد الفضاء – وحلت محلها سلسلة من الأقمار الصناعية المتخصصة – بأجهزتها المتخصصة وأغراضها المتخصصة – ومداراتها المتخصصة مثل الأقمار الصناعية «أرتس» «ولاندسات» «وسكاى لاب» – «وايتوس» – ومستقبلاً من مكوك الفضاء الأمريكى .

ولعل أهم ما يعنينا فى هذا المجال هو إمكانات استخدام الصور الفضائية والسجلات الدقيقة من هذه السلسلة من الأقمار الصناعية المتخصصة فى مصر – والعالم العربى والدول النامية عموماً .

وأهم هذه الأقمار بالنسبة لنا فى المنطقة العربية هى «أرتس» و«لاندسات» وهى الأقمار الصناعية المتخصصة فى الحصول على صور لسطح الأرض من الفضاء الخارجى بغرض مسح ودراسة مصادر الثروة الطبيعية – الجيولوجية والزراعية والبيئية ، لكل شبر على سطح الأرض بما تحصل عليه هذه الأقمار المتخصصة من صور بوسائل إلكترونية متقدمة فى سبعة مجالات ضوئية مختلفة لنفس المنطقة وفى نفس الوقت وتسجيلها إلكترونيًّا على أجهزة خاصة محمولة على القمر حيث يتم إرسالها إلى محطات استقبال أرضية خاصة تقوم بتجميعها ووضعها على هيئة صور فوتوغرافية مختلفة – ثم يمكن وضع بعضها فوق الآخر وإنتاج صور ملونة – وتمتاز

[illegible]



هذه الصور بدقتها المتناهية ومطابقتها للمعالم الأرضية الطبيعية دون أى تشويه . مما يسهل معه مطابقتها على الخرائط المساحية الموجودة لهذه المناطق – ونقل هذه المعلومات إلى هذه الخرائط – بل تصحيح بعض هذه الخرائط بمقياس رسم معين طبقاً لهذه الصور.

وهنا يمكن أن نقول إن أهم أغراض برنامج الأقمار الصناعية المتخصصة «أرتس» و«لاندسات» هى :

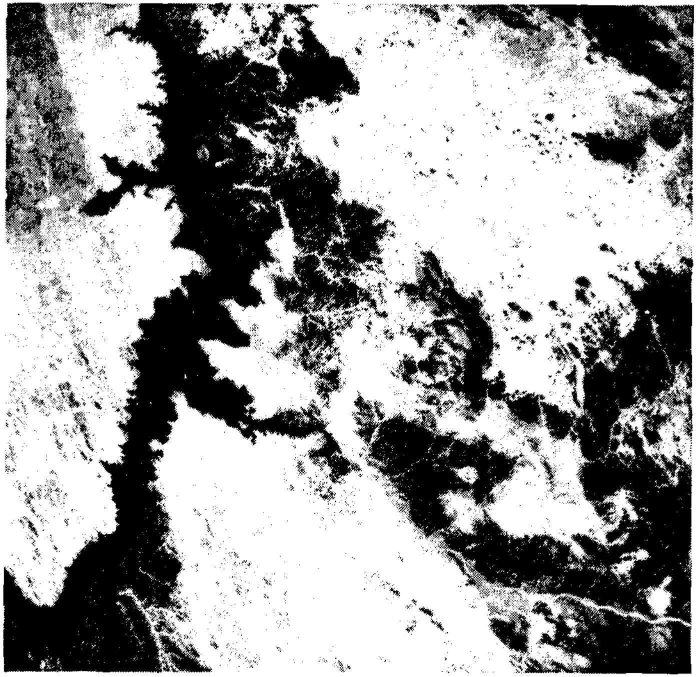
* **الاستكشاف** ... وهو يعنى مسح مصادر الثروة المعدنية والبترولية ومصادر الثروة الطبيعية الأخرى – **ثم التخطيط** .. ويعنى وسائل النقل ومساراتها وعمليات الحفر ونقل الأتربة واختيار مواقع المشروعات الهندسية . ومشروعات التخزين – **ثم إدارة المشروعات** ويعنى مشروعات الحصر الزراعى ، والثروة النباتية ، ودراسة المحيطات ومتابعة التطور فى المشروعات الإقليمية الكبرى .

والمعروف أن هذه الأقمار تمر فوق مناطق العالم المختلفة وتقوم بتسجيل المعلومات والصور من نفس الزوايا – ومن نفس المكان – بدقة متناهية مرة كل ١٨ يوما بصفة مستمرة ، منذ عام ١٩٧٢ . مما يتيح متابعة دراسة الظواهر الأرضية المتغيرة على فترات طويلة لا تتيحها وسائل التصوير العادية من مركبات الفضاء التى يكون لها عدد محدود من الدورات والساعات فى مدارها حول الأرض تنتهى بعده مهمتها .

التجربة المصرية والمركز المصرى فى مجال الاستشعار من البعد

نظراً لما أحدثته التكنولوجيا الحديثة للاستشعار من البعد – سواء أكان باستخدام الأقمار الصناعية أم بطائرات الاستطلاع المجهزة بالأجهزة الحديثة للاستشعار من البعد – من تغير جذرى فى إعداد الخرائط الجيولوجية وتحديد ومسح مصادر الثروة الطبيعية ، وإيماناً منى – ومن خلال موقعى العلمى بالولايات المتحدة والممارسة الطويلة مع الكثير من الهيئات العلمية الأمريكية والدولية – للأهمية الكبيرة لاستخدام هذه التكنولوجيا المتقدمة فى مصر وفى مشروعات التنمية الكبرى بها – فقد سعيت إلى إعداد مشروع علمى لنقل هذه التكنولوجيا المتقدمة وتدريب الفنيين المصريين على استخدامها وذلك على صورة مشروع للتعاون العلمى مع المؤسسة القومية الأمريكية للعلوم وجامعة ولاية أوكلاهوما التى أعمل أستاذاً بها وعدة مراكز بحثية أمريكية ، وفى خلال السنوات الخمس الماضية قام هذا المشروع – وبوسائله الذاتية للتمويل من المساعدات الخارجية – بالتزود بأحدث الأجهزة والمعدات العلمية فى العالم المستخدمة فى صور الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع والمسح الأرضى والتى بلغت قيمتها أكثر من ٦ ملايين دولار كما تم تدريب عدد

كبير من العلماء على استخدام هذه التكنولوجيا المتقدمة للمعاونة فى إعداد الخرائط الحديثة ومسح مصادر الثروة الطبيعية للأراضى المصرية .



صورة رقم (١٣)

صورة إلكترونية من القمر الصناعى الأمريكى «لاندسات» من ارتفاع ٩٠٠ كيلو متر فوق سطح الأرض – للطرف الشمالى لبحيرة ناصر ، ويبدو فيها السد العالى ، وتفرعات البحيرة فى الطرف الشمالى للخزان ومنطقة نهر النيل بين السد العالى وخزان أسوان القديم شمال السد العالى .

وقد تطور هذا المشروع فى خلال هذه المدة ليصبح مركزاً متخصصا يعتبر الوحيد والأول من نوعه فى المنطقة العربية والإفريقية – مما حدا بوزراء البحث العلمى العرب بالرباط فى أغسطس ١٩٧٦ إلى اتخاذ قرار بالاجماع باعتبار هذا المركز مركزاً عربيًّا لخدمة المنطقة العربية كلها ، وكذلك اتخذ مندوبو الحكومات الإفريقية فى اللجنة الاقتصادية لأفريقيا فى أديس أبابا فى سبتمبر الماضى قراراً مماثلا بأن يكون هذا المركز فى القاهرة مركزاً لخدمة القارة الأفريقية .

وبذلك نجح هذا المركز العلمى المتقدم بفضل من الله تعالى – وبفضل كفاءة وإخلاص العلماء المصريين الزملاء الذين عاونوا منذ البداية فى إنشائه .

ولعل أهمية تطبيقات تكنولوجيا الاستشعار من البعد فى مصر والمنطقة العربية تتضح من أن المنطقة العربية عموماً هى منطقة جرداء أو شبه جرداء بها مساحات شاسعة من الأراضى والصحارى التى يصعب استكشافها بالوسائل التقليدية ، وحصر موارد ثرواتها الطبيعية ، ودراسة خواصها لإمكان استغلالها فى مشروعات التوسع الزراعى والعمرانى ، بالإضافة إلى عامل الوقت والتكاليف الباهظة وعدم الدقة التى قد تنتج عن استخدام الطرق التقليدية البحتة فى مثل هذه الأحوال .

ولا شك فى أن حاجة العالم العربى اليوم – قبل الغد – أن يتغلب على مشكلة الانفجار السكانى بالتوسع فى استغلال أراضيه الشاسعة وعلى

مشكلته الاقتصادية بحصر موارد ثروته الطبيعية ومعرفة حدودها وإمكانات استغلالها وتكاملها بين الدول العربية المختلفة . ولعل عامل الزمن والنفقات لا يسمح بأن يتم ذلك باستخدام الوسائل التقليدية البطيئة والمكلفة وغير الدقيقة فى العصر الذى توفرت فيه هذه الوسائل الحديثة للاستشعار من البعد باستخدام الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع الحديثة ومن هذه العمليات على سبيل المثال .

١ – عمليات الكشف عن الخامات المعدنية :

إن أهم ما تتميز به الصخور الحاملة للخامات المعدنية عن مثيلتها التى ليست لها أهمية اقتصادية وجود معادن الكبريتورات فى الأولى ، حيث تتفاعل معادن الكبريتورات على سطح الأرض مع الأكسجين على الأخص ، وينتج ذلك حرارة يمكن قياسها بوسائل الاستشعار من البعد . وهكذا يمكن سريعاً الكشف عن الخامات الكبريتورية أو الخامات المصاحبة لها أو الصخور الحاملة لها . أما الوسائل الأخرى للكشف عن هذه الخامات فتتضمن أعمالا حقلية مباشرة طويلة وأخذ أعداد ضخمة جداً من العينات وتحليلها كيميائيًّا لعناصرها الأساسية والشحيحة .

٢ – عمليات البحث عن المياه الأرضية :

تبين من الدراسات الجيوكيميائية التفصيلية لبعض مناطق المياه

الأرضية للصحراء الغربية أن البخر يلعب دوراً كبيراً فى حركة المياه الأرضية فى المناطق الجافة ويمتد تأثيره إلى مئات الأمتار. وبذلك تنعكس حالات وجود المياه الأرضية فى الأعماق على التفاعلات السطحية بالمستويات العليا بالأرض ، ولما كانت هذه التفاعلات طاردة للحرارة فإنه من المتوقع إمكان قياسها على السطح بواسطة وسائل الاستشعار عن بعد .. وهكذا يمكن إجراء عمليات الكشف المبدئى عن المياه الأرضية بوسائل سطحية أوقرب سطحية سريعة لا يمكن معها التوصل إلى ذلك بالطرق المعتادة إلا بحفر الآبار أو باستخدام الطرق الكهربائية وهى طرق مكلفة تستغرق وقتاً طويلا فى التنفيذ .

وهناك مثل آخر خاص باكتشاف فجوات تحت سطحية الحجر الجيرى ، حيث يمكن استنتاج هذه الفجوات سريعاً بوسائل الاستشعار من البعد ، فى حين تحتاج إلى عمليات حفر كثيرة لمعرفة وجودها بالطرق العادية ، ولما كانت الأحجار الجيرية تعتبر خزانات هامة للمياه فى بعض مناطق الصحراء الغربية فإن اكتشاف فجوات بها تستطيع تخزين المياه سوف يساعد كثيراً فى تقويم أهمية الأحجار الجيرية فى تخزين المياه الأرضية فى هذه المناطق .

٣ – الأساس الجيولوجي للمشروعات الهندسية :

تتطلب المشروعات الهندسية دراسات جيولوجية تفصيلية ، وقياسات



الصورتان رقما (١٤) . (١٥)

تقدم صور الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع الحديثة – بما يتوفر فيها من الأجهزة الحديثة للاستشعار من البعد – معلومات وصوراً دقيقة تمكن العلماء بعد دراستها من إعداد الخرائط الدقيقة والشاملة لمساحات شاسعة من الأراضى لمختلف الأغراض ، مثل إعداد الخرائط الجيولوجية ، والتربة ، والزراعات ، والثروة المعدنية ، والمياه السطحية والجوفية ، وبسرعة ودقة وتكاليف زهيدة لا تتوفر فى الطرق التقليدية ، ولكن مع إعداد هذه الخرائط يقوم العلماء بتحقيق هذه المعلومات على الطبيعة وجمع العينات واختبارات التربة فى الموقع .



ويرى فى هاتين الصورتين بعض خبراء المركز المصرى للاستشعار من البعد وهم يقومون بتحقيق المعلومات التى تم استقاؤها من صور الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع على الطبيعة ،)يجمعون العينات ، ويختبرون التربة فى منطقة المستنقعات الشاسعة بأعالى النيل – جنوب السودان وفى مساحة قدرها ١٦٠ ألف كيلو متر مربع – حول المشروع المقترح لإنشاء قناة جونجلى بأعالى النيل – والتى تم الانتهاء من إعداد جميع خرائطها لأول مرة فى التاريخ بهذه الوسائل المتقدمة فى مدة لا تتجاوز ١٨ شهراً ، وكان ذلك مستحيلاً بالطرق التقليدية لاتساع المنطقة ، وصعوبة التجول فيها .

سيزمية بالنسبة للمشروعات الكبرى أو تلك التى لها أهمية حيوية . ومن المعروف أن الخطوط الضعيفة بالقشرة كثيراً ما تكون متعمقة فى القشرة الأرضية وبذلك ترتبط بعمليات بركانية عميقة أو أنشطة حرارية . ويمكن قياس هذا التأثير الحرارى بواسطة الاستشعار من بعد وبذلك يمكن التفرقة سريعاً بين الخطوط التركيبية النشطة ذات الخطورة البالغة على المشروعات الهندسية الكبرى . ومن الصعوبة تحديد الخطوط التركيبية النشطة من غيرها إلا بدراسات جيولوجية تفصيلية وقياسات سيزمية طويلة المدى . ومن المعروف أن جميع الخزانات والمشروعات الهندسية فى جمهورية مصر العربية مبنية على مناطق بها خطوط ضعف تركيبية .

٤ – مشروعات الحصر الزراعي والكشف المبكر عن المحاصيل المصابة :

وذلك نتيجة الوسائل الحديثة باستخدام صور الأقمار الصناعية المتخصصة وخاصة باستخدام الوسائل الآلية والحاسبات الإلكترونية السريعة لتحليل الشرائط للمعلومات الملتقطة من الأقمار الصناعية – مع ما توفره هذه الصور الإلكترونية من الأقمار الصناعية من تغطية لمساحات شاسعة وبسرعة وعلى فترات متقاربة من الزمن مما يتيح إعادة الحصر ومقارنته على مدار الدورات الزراعية والسنوات المتعاقبة وما تتيحه أيضاً هذه الأقمار الصناعية – وبمعاونة الطائرات المجهزة بأجهزة الاستطلاع الحديثة – من إمكان الكشف بسرعة وفوق مساحات شاسعة عن المناطق

المصابة ومقدار الإصابة فى المحاصيل الزراعية المختلفة والمهمة اقتصاديًّا .

وقد اكتسب المركز المصرى المذكور خبرة خاصة فى هذا المجال شهدت لها الهيئات العلمية الكبرى والهيئات الدولية والإقليمية – وكان من أهم نتائجها أن أوكلت هيئة الأمم المتحدة ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية إلى المركز المصرى القيام بتنظيم ندوة دولية فى القاهرة خلال عام ١٩٧٤ لاستخدام وسائل الاستشعار من البعد فى مسح موارد الثروة الطبيعية للدول النامية ، والذى اشتركت فيه وفود من ٤١ دولة من دول العالم – وأشادت بنتائجه الجمعية العامة للأمم المتحدة فى تقرير لها .

وقام المركز المصرى بالفعل بالمشاركة فى إعداد الدراسات اللازمة لمواقع عدد من المشروعات الكبرى فى مصر والسودان والدول العربية الأخرى – مثل :

– مشروعات الساحل الشمالى الغربى لمصر – ومنطقة قناة السويس – وشبه جزيرة سيناء – واستكشاف مناطق جديدة لخام الحديد بالصحراء الغربية المصرية – ومنطقة الوادى الجديد بالصحراء الغربية – ومنطقة حوض خزان أسوان ومنخفض توشكا – وشمال الصحراء الشرقية – ومناطق التعمير المختلفة بمصر – ورصد مظاهر التصحر والزحف الصحراوى على الأراضى الزراعية .

كما قام المركز المصرى بإعداد خرائط شاملة للتربة والمياه والجيولوجيا والغطاء النباتى لمساحة تبلغ مئات الآلاف من الكيلومترات المربعة فى

مناطق أعالى النيل بالسودان – وهى مناطق المستنقعات التى تضيع فيها بلايين الأمتار المكعبة من مياه النيل سنويًّا – وذلك حتى يمكن استخدام هذه الخرائط والبيانات فى إعداد مشروعات مياه أعالى النيل لتوفير هذا الفاقد من المياه لصالح الشقيقتين مصر والسودان – وقد تم ذلك باستخدام صور الأقمار الصناعية وطائرات الاستطلاع مع عمليات التحقيق الحقلية بواسطة البعثات الفنية المتخصصة والتى ذهبت إلى هذه المناطق النائية لجمع المعلومات على الطبيعة – وقد تم ذلك كله فى زمن قياسى وبتكاليف زهيدة – وكان من المستحيل أن تتم هذه الدراسات وبهذه الدقة باستخدام الطرق التقليدية البطيئة والمكلفة وغير الدقيقة .

وبعد ، فما هذا إلا بداية – وفى خلال السنوات القليلة القادمة سوف نسمع الكثير عن هذا التقدم الهائل فى ميدان الاستشعار من البعد .

رقم الإيداع	١٩٧٧/٥٤٥٢
الترقيم الدولى	ISBN ٩٧٧ – ٢٤٧ – ١٣٠ – ٢

١٧١/٧٧/ق

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع.)